

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Konstrukce přípravku pro testování polohy geometrické polohy koleje

Design of a Fixture for Testing of a Track Geometric Position

Student:

Jakub Kotzot

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Milena Hrudíčková, PhD.

Ostrava 2012

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jakub Kotzot**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení  
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin  
Téma: Konstrukce přípravku pro testování geometrické polohy koleje  
Design of a Fixture for Testing of a Track Geometric Position

### Zásady pro vypracování:

Pro laboratorní testování geometrické polohy koleje při jejím zatížení proved'te konstrukční návrh přípravku včetně potřebných pevnostních výpočtů.

### Proved'te:

- volbu vhodné konstrukce přípravku a způsob jeho zatěžování
- rozměrové a kinematické schéma přípravku
- návrhové a kontrolní pevnostní výpočty nosných prvků přípravku
- zpracujte výkresovou dokumentaci v rozsahu:
  - výkres sestavení testovacího přípravku
  - dílenské výkresy vybraných dílů

### Seznam doporučené odborné literatury:

DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I – Spojovací části strojů*. Montanex a.s. Ostrava, 2000.

BOHÁČEK, F.: *Části a mechanismy strojů I - Spoje*. VUT Brno, 1987.

BOLEK, A. A KOL.: *Části strojů - svazek 1*. SNTL Praha, 1990.

NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.

KŘÍŽ, R.: *Strojnické tabulky II - Pohony*. Montanex a.s., Ostrava, 2002.

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

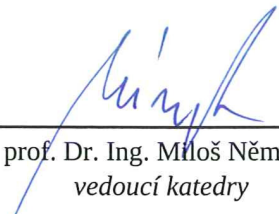
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milena Hrudíčková, Ph.D.**


Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



---

prof. Dr. Ing. Miloš Němček  
vedoucí katedry



---

prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..... 21.05.2012 .....

.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě ..... 21.05.2012 .....

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jakub Kotzot

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Olomoucká 371, 783 91 Uničov

## **Anotace bakalářské práce**

KOTZOT, J. *Konstrukce přípravku pro testování polohy geometrické polohy koleje: bakalářská práce*. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2012, 41 s. Vedoucí práce: Ing. Milena Hrudíčková, Ph.D.

Vlaky po kolejových tratích jezdí vyššími rychlostmi, než bylo dříve zvykem. Je to způsobeno vývojem moderních technologií, které přináší nové možnosti. Vývoj jde dopředu ve všech oblastech kolejové dopravy. Lokomotivy jsou výkonnější, vozy mají naklápěcí kabiny, což umožňuje rychlejší průjezd zatáčkami. Přes výhybky se může projíždět velkou rychlostí. Aby toto všechno bylo bezpečné, musí být všechny součásti na trati pevně a bezpečně uloženy a připevněny. To zajišťují upevňovací systémy. Ty pevně spojí kolejnici přes podkladnici k pražci, který je uložen na kolejovém podloží. Tyto upevňovací systémy je potřeba řádně a pečlivě kontrolovat, zda plní svoji funkci tak, jak podle předepsaných norem mají. Kontroly je potřeba provádět jak přímo na trati, kde se ověří již současný stav upevnění nebo v laboratoři, kde se mohou zkusit nové způsoby a možnosti bezpečného upevnění.

## **Annotation of Bachelor Thesis**

KOTZOT, J. *Design of a Fixture for Testing of a Track Geometric Position: Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2012, 41 p. Thesis head: Ing. Milena Hrudíčková, Ph.D.

The advancement in modern technology opens various new possibilities, including much faster railway transportation. The railway transportation advancement is visible everywhere – locomotives are more powerful, trains are capable of tilting, which allows them to pass curves easily, and railway points may be crossed at higher speeds. To maintain security, all parts of the railway must be safely and tightly fastened to the ground. This can be achieved with fixation systems that firmly connect the track to the ground using a railway sleeper placed on a subgrade. Fixation systems need to be properly and carefully controlled to make sure their functionality is following required standards. Controls should be carried out both directly on the railway (to monitor the actual state of fixation) and in laboratory conditions, which may lead to new ways of secure track fastening.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>10</b>
1.1	Cíle práce	10
<b>2</b>	<b>Komponenty zkušebního přípravku</b>	<b>11</b>
2.1	Kolejnice	11
2.2	Pražce	11
2.3	Zatěžování	12
2.4	Vyvození zatěžovací síly	13
2.5	Místo použití zkušebního zařízení	14
2.6	Měření posuvů a deformací	15
<b>3</b>	<b>Konstrukce</b>	<b>16</b>
3.1	Návrh konstrukce	16
3.2	Popis konstrukce	16
3.3	Volba umístění hydraulických zvedáků	17
3.3.1	Jeden zvedák	17
3.3.2	Dva zvedáky	18
3.4	Výsledné řešení	18
3.5	Měření zatěžovací síly	19
<b>4</b>	<b>Schémata</b>	<b>20</b>
4.1	Rozměrové schéma	20
4.2	Kinematické schéma	21
<b>5</b>	<b>Výpočty</b>	<b>22</b>
5.1	Návrhový výpočet	22
5.1.1	Horní vodorovná část rámu	22
5.1.2	Uložení čepu	23
5.2	Kontrolní pevnostní výpočet	24
5.2.1	Ohyb v horní vodorovné části rámu	24
5.2.2	Tah v boční svislé části rámu	26
5.2.3	Lícovaný šroub	27
5.3	Kontrola pevnosti pražce	29

<b>6</b>	<b>Pevnostní kontrola svarů .....</b>	<b>31</b>
6.1	Svary na úchytu .....	31
6.2	Svary na rámu .....	32
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>38</b>
<b>8</b>	<b>Použité obrázky.....</b>	<b>39</b>
<b>9</b>	<b>Použitá literatura.....</b>	<b>40</b>
<b>10</b>	<b>Přílohy.....</b>	<b>41</b>



## Použité označení

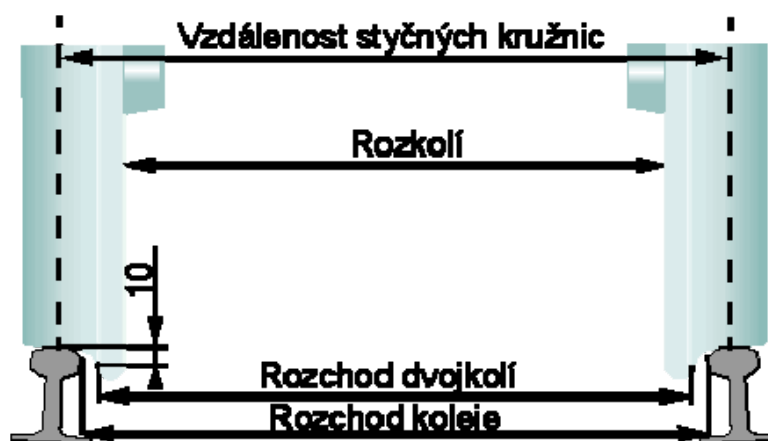
$a$	délkový rozměr	[mm]
$b$	délkový rozměr	[mm]
$d$	průměr čepu	[mm]
$d_2$	průměr lícovaného šroubu	[mm]
$e$	vzdálenost nejzatíženějšího místa svaru	[mm]
$F$	působící síla	[N]
$F_y$	působící síla v ose y	[N]
$F_1$	dílčí působící síla	[N]
$h$	délkový rozměr	[mm]
$k$	převodní součinitel svaru	[-]
$k_s$	bezpečnost svaru	[-]
$l$	délkový rozměr	[mm]
$J_p$	celkový polární moment setrvačnosti	[mm <sup>4</sup> ]
$J_{p1}$	polární moment setrvačnosti obrazce 1	[mm <sup>4</sup> ]
$J_{p2}$	polární moment setrvačnosti obrazce 2	[mm <sup>4</sup> ]
$J_{x1}^-$	moment setrvačnosti v ose x svarového obrazce 1	[mm <sup>4</sup> ]
$J_{x2}^{\parallel}$	moment setrvačnosti v ose x svarového obrazce 1	[mm <sup>4</sup> ]
$J_{y1}^-$	moment setrvačnosti v ose y svarového obrazce 1	[mm <sup>4</sup> ]
$J_{y2}^{\parallel}$	moment setrvačnosti v ose y svarového obrazce 1	[mm <sup>4</sup> ]
$L$	délkový rozměr	[mm]
$m$	hmotnost	[kg]
$M_k$	krouticí moment	[N·m]
$M_o$	ohybový moment	[N·m]
$p_{DOV}$	dovolený tlak	[MPa]

$R_{AB}$	reakční síly	[N]
$R_e$	mez kluzu	[MPa]
$R_m$	mez pevnosti	[MPa]
$s$	délkový rozměr	[mm]
$S$	obsah plochy	[mm <sup>2</sup> ]
$t$	tloušťka materiálu	[mm]
$W_k$	modul svarového obrazce v krutu	[mm <sup>3</sup> ]
$W_o$	modul průřezu v ohybu	[mm <sup>3</sup> ]
$W_{o1}$	modul průřezu v ohybu	[mm <sup>3</sup> ]
$W_{o2}$	modul průřezu v ohybu	[mm <sup>3</sup> ]
$x_A$	vzdálenost od A v ose x	[mm]
$x_B$	vzdálenost od B v ose x	[mm]
$y_A$	vzdálenost od A v ose y	[mm]
$y_B$	vzdálenost od B v ose y	[mm]
$z$	délkový rozměr	[mm]
$\alpha$	úhel	[°]
$\beta$	součinitel svarového spoje	[-]
$\pi$	Ludolfovo číslo	[-]
$\sigma_{DOV}$	dovolené napětí v ohybu	[MPa]
$\sigma_o$	ohybové napětí	[MPa]
$\tau$	tahové napětí	[MPa]
$\tau_{DOV}$	dovolené napětí v tahu	[MPa]
$\tau_{  }^F$	dílní napětí od síly	[MPa]
$\tau_{  }^{Mk}$	dílní napětí od krouticího momentu	[MPa]
$\tau_{V\check{Y}SL}$	výsledné napětí	[MPa]

# 1 Úvod

Kolejová doprava je velice rozšířeným způsobem přepravování, ať už na krátké nebo dlouhé vzdálenosti. Doprava probíhá na kolejové trati, která má daný rozchod.

Rozchod je vzdálenost rovin dotykových kružnic kol dvojkolí nebo vzdálenost pojížděných hran kolejnic měřených 14 mm, u žlábkových kolejnic 10 mm, pod jejich temeny [6]. Používá se několik těchto rozchodů: úzkorozchodné, normálněrozchodné a širokorozchodné tratě. V naší zemi jsou nejrozšířenější normálněrozchodné tratě, kde rozchod kol činí  $1\,435 \pm 3$  mm.



Obr. 1.1 Rozchod dvojkolí [14]

Hlavní nosný prvek této tratě jsou kolejnicové pásy, které přebírají a přenášejí složité silové účinky pohybujících se kolejových vozidel, což jsou kolejové soupravy, dále do konstrukce tratě. Prostřednictvím uzlu upevnění k pražcům tvoří kolejnice s podvaly tzv. kolejový rošt. To tvoří nosnou konstrukci železniční tratě.

Bakalářská práce se bude zabývat tímto upevněním kolejnic. Bude se navrhovat přípravek, který otestuje tuhost uzlu upevnění a umožní změřit geometrickou polohu koleje, zda se nevychyluje ze svého umístění.

## 1.1 Cíle práce

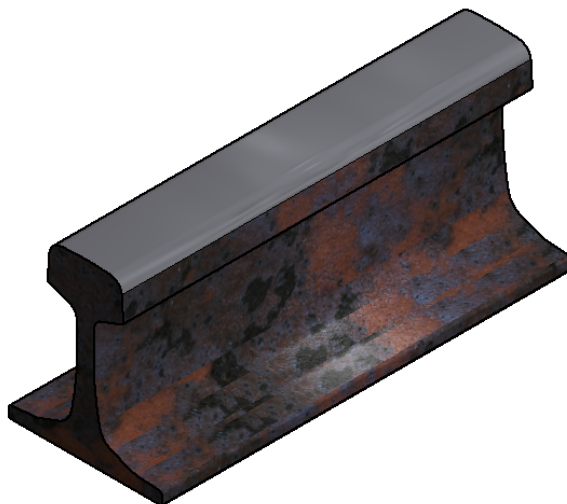
Cílem této bakalářské práce bude:

- vytipovat vhodný způsob vyvození zatěžovací síly
- navrhnout konstrukční řešení zkušebního přípravku pro měření tuhosti uzlu upevnění kolejnice a pražce
- provést nezbytné pevnostní výpočty nosných prvků konstrukce
- zpracovat výkresovou dokumentaci v rozsahu výkresu sestavení a dílenských výkresů vybraných dílů.

## 2 Komponenty zkušebního přípravku

### 2.1 Kolejnice

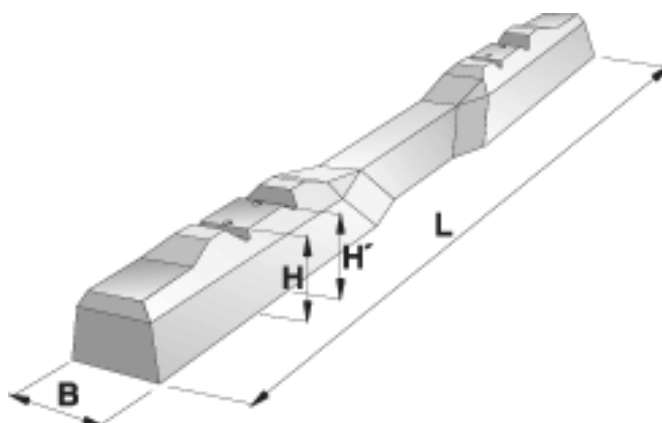
Zkušební přípravek bude testovat nejběžněji používaný a velice rozšířený typ kolejnice UIC 60:



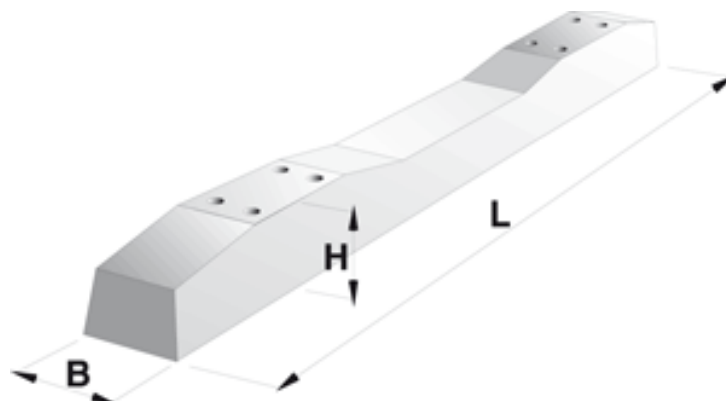
Obr. 2.1 Kolejnice UIC 60

### 2.2 Pražce

Zkušební přípravek bude testovat nejběžněji používané a velice rozšířené typy pražců B91S a SB8:



Obr. 2.2 Pražec B91S [10]

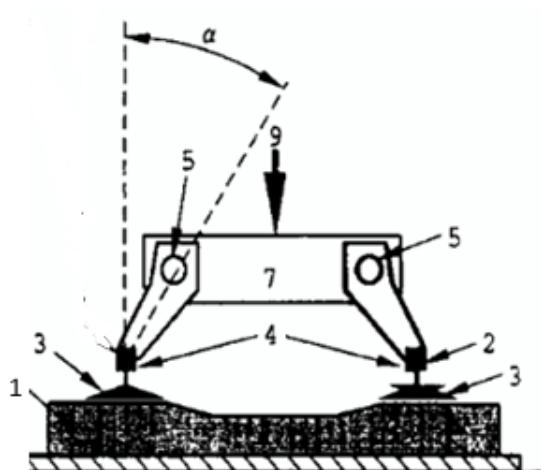


Obr. 2.3 Pražec SB8 [10]

## 2.3 Zatěžování

Na uzel upevnění kolejnice bude působit takové zatížení, které představuje zatížení od skutečného trakčního vozidla projíždějícího po trati.

Velikost tohoto zatížení pro nejčastěji se vyskytující železniční tratě v ČR dle normy ČSN EN 13481-2+A1 činí **83 000 N** (obr. 2.4 pozice 9). Z tohoto předepsaného zatížení dále vychází celá bakalářská práce a je podle něj navržen příslušný zkušební přípravek. Směr zatěžovací síly odpovídá směru výslednice ve styku kola a kolejnice a pro kolejnice typu S 49 a UIC 60 (opět v ČR nejčastější) činí sklon výslednice od vertikály  $\alpha = 33^\circ$  (viz obr. 2.4). Na obr. 2.4 je uveden náčrtek principu zkušebního zařízení uvedený v [3].



### Legenda:

- 1 Pražec
- 2 Krátký kus kolejnice
- 3 Sestava upevnění s vhodnou podložkou
- 4 Zařízení pro zatěžování
- 5 Volný otočný bod
- 7 Nosník
- 9 Působící zatížení

Obr. 2.4 Princip zkoušení tuhosti uzlů upevnění dle [3]

Na obr. 2.5 jsou uvedeny typy upevnění kolejnice k pražci nejčastěji používané na tratích v ČR. Zamýšlený zkušební přípravek se bude navrhovat právě pro kontrolu tuhosti upevnění těchto typů.



Obr. 2.5 Uzly upevnění na pražci SB8 (vlevo) a na pražci B91S (vpravo) [15]

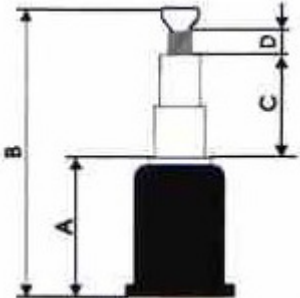
## 2.4 Vyvození zatěžovací síly

Pro vyvození zatěžovací síly bude vhodné použít hydraulický zvedák. Jeho konstrukce jej předurčuje pro snadné zakomponování do zamýšlené konstrukce a také jeho ovládání je poměrně jednoduché. Zvedák byl zvolen z produktové řady firmy TOVA Zlín, s.r.o. Typ HZ 12-1Š, který má nosnost 12 000 kg. Potřebných je 8 300 kg odpovídající zatěžovací síle 83 000 N. Parametry zvedáku jsou uvedeny v tabulce na obr. 2.7.



Obr. 2.6 Hydraulický zvedák, tzv. panenka [9]

Hydraulický zvedák je samostatná hydraulická jednotka. Z vyráběné řady se jednotlivé typy zvedáků odlišují nosností, podstatitelnou výškou, zdvihem, počtem pístů a použitím stavěcího šroubu. Pumpa je pístová, ovládaná ručně pomocí ovládací tyče.

Typ zvedáku	HZ 12-1Š	
Nosnost zvedáku [kg]	12 000	
Pracovní zdvih C [mm]	190	
Základní podstavitelná výška A [mm]	275	
Zdvih stavěcího šroubu D [mm]	135	
Maximální výška B [mm]	600	
Náplň [cm <sup>3</sup> ]	625	
Hmotnost zvedáku [kg]	13,7	

Obr. 2.7 Údaje o zvedáku HZ 12-1Š [9]

## 2.5 Místo použití zkušebního zařízení

Navrhovaná konstrukce se bude smět dát použít jak přímo v terénu na trati, tak i v laboratoři, což umožní její použití kdekoli za různých podmínek. S ohledem na toto používání budou na konstrukci umístěné závěsné matice (obr. 2.8). Ty umožní manipulaci s přípravkem pomocí jeřábu, který bude umístěný na trati na drezíně, např. drezína MUV s jeřábem (obr. 2.9), nebo v laboratoři (obr. 2.10).



Obr. 2.8 Závěsná matice



Obr. 2.9 Ukázka drezína typu MUV s jeřábem v zadní části [11]

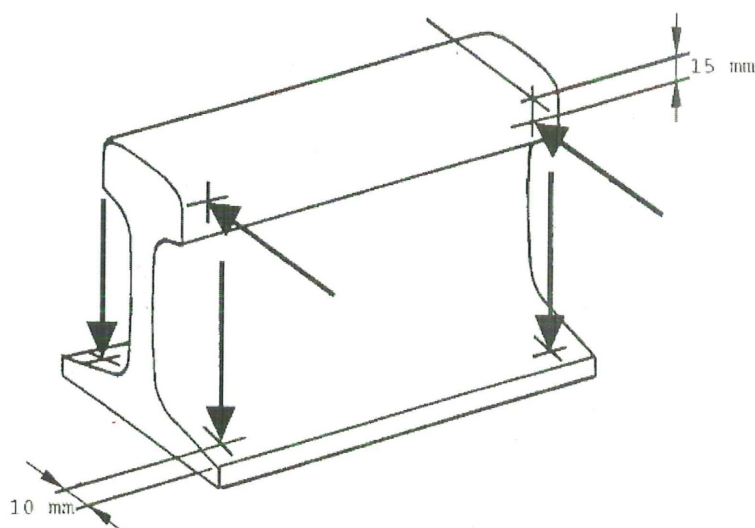


Obr. 2.10 Ukázka jeřábu [12]

## 2.6 Měření posuvů a deformací

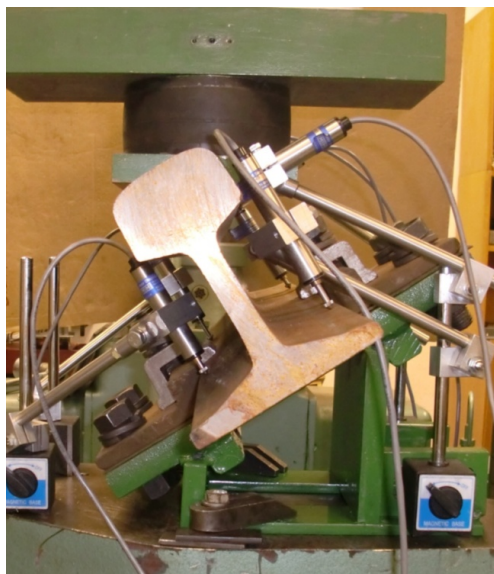
Výsledky působení sil vyvozených zkušebním přípravkem na uzly upevnění se budou měřit na normou [3] předepsaných místech (obr. 2.11) na kolejnicích. Posuvy budou měřeny tenzometrickými snímači posunu, např. od firmy Measurement group Inc. USA (obr. 2.12). Velikost posuvů naměřených při předepsaném zatížení uzlu upevnění nesmí překročit takovou mez, aby výsledná hodnota rozchodu kolejnic nepřekročila dovolené rozmezí  $1435 \pm 3$  mm.

Norma ČSN EN 13146-4 předepisuje umístění snímačů posunu na těchto místech kolejnice (obr. 2.11):



Obr. 2.11 Body pro měření [3]

Na obr. 2.12 je ukázáno použití snímačů posunu v měřicím přípravku na trhačím stroji, na kterém se simuluje zatížení jednoho uzlu upevnění šikmou silou.



Obr. 2.12 Snímače posuvu v měřicím přípravku [8]



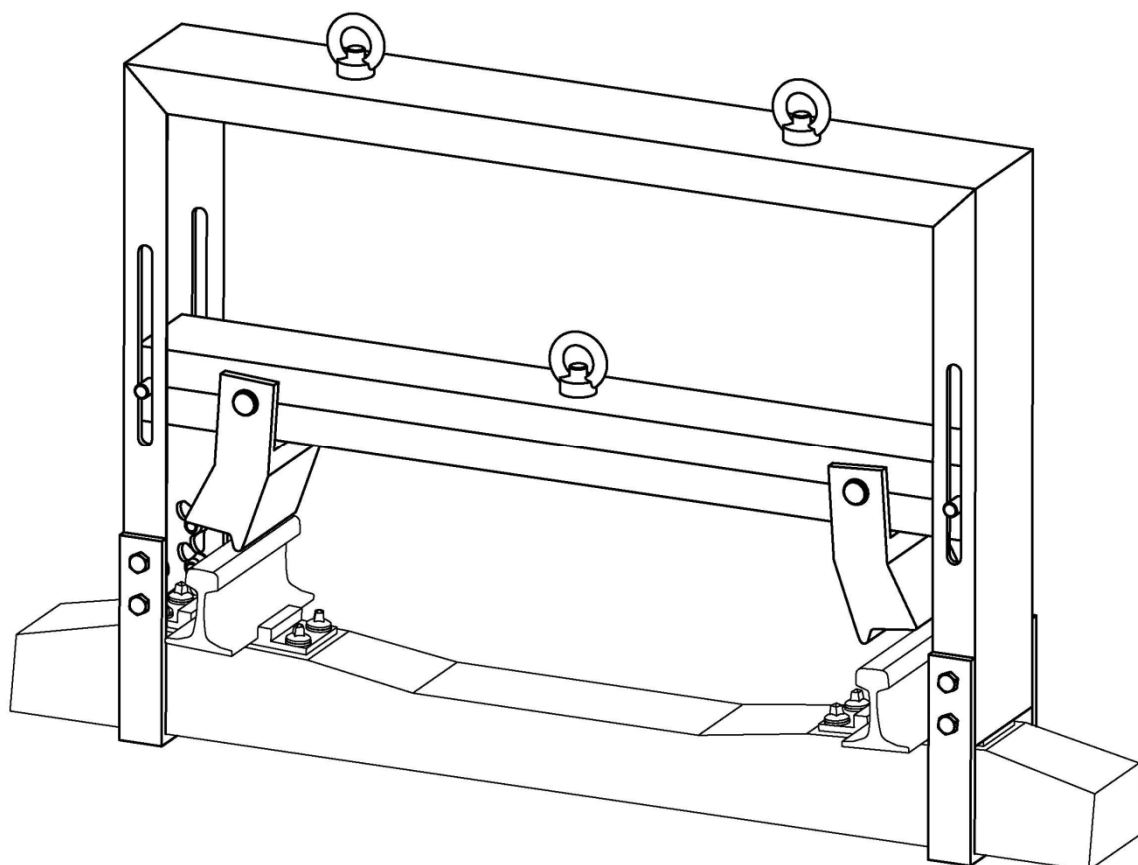
### 3 Konstrukce

Požadavek na konstrukci byl takový, aby přenesla požadované zatížení, které je potřeba na simulaci trakčního vozidla a bude vyvinuto hydraulickými zvedáky (kap. 2.4). Dále, aby se dala použít jak venku přímo na trati, ale zároveň i v laboratorních podmínkách. A byla s ní také snadná manipulace a zároveň byla pevná a bezpečná.

Při navrhování zkušebního přípravku se volilo co nejvíce normalizovaných součástí, které se jen zpracovaly na potřebné rozměry.

#### 3.1 Návrh konstrukce

Po několika různých návrzích se dospělo ke konstrukci přípravku uvedené na obr. 3.1, která nejlépe vyhovuje zadaným podmínkám.



Obr. 3.1 Návrh konstrukce zkušebního přípravku

#### 3.2 Popis konstrukce

U konstrukce je použito normalizovaných U profilů. Ty jsou svařeny do rámu, který tvoří nosnou konstrukci zkušebního přípravku. A příčného nosníku, jenž přenáší sílu od hydraulických zvedáků, které jsou umístěné na vrchní části v přichystaném uložení. Pro větší pevnost je příčný nosník svařen ze dvou U profilů položených proti sobě, aby nedocházelo k deformaci nosníku při přenosu sil.

Z příčného nosníku se síly na kolejnici přenáší přes náhradu za kolo. Ta představuje reálné železniční dvojkolí, které by působilo na koleje. S příčným nosníkem je spojeno přes čepy, které umožňují otočný pohyb kol.

Příčný nosník je v rámu vedený drážkami pomocí čepů. Tyto drážky umožňují svislý pohyb nosníku a zamezují jeho vybočení do jiného směru. Toto spojení také zajišťuje soudržnost celé konstrukce při její manipulaci, kdy je zkušební přípravek přenášen na místo použití.

Celá tato konstrukce rámu a nosníku je připojena k pražci úchyty ve tvaru U, které se pod něj podsunou ze stran. Spojení úchytů s konstrukcí je přes lícované šrouby.

Pokud se přípravek použije venku přímo na trati, tak se kraje pražce odkryjí od štěrkového lože, aby vzniklo místo na upevnění přípravku.

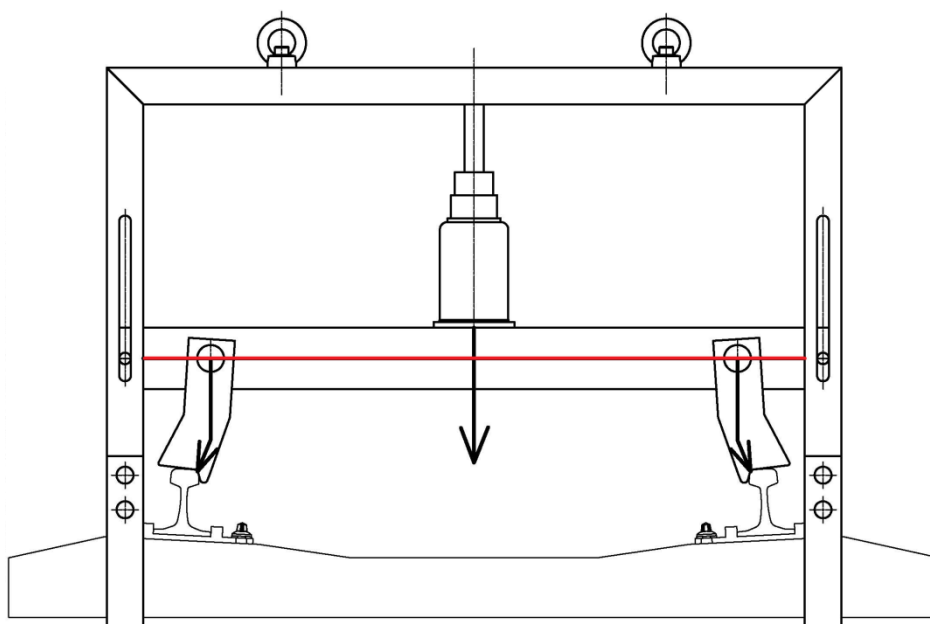
Na nosníku i rámu jsou umístěné závěsné matice (obr. 2.8), které slouží k manipulaci se zařízením pomocí jeřábu.

### 3.3 Volba umístění hydraulických zvedáků

Po navržení konstrukce přišlo na řadu nejvhodnější umístění hydraulických zvedáků tak, aby nedocházelo k nežádoucím deformacím konstrukce testovacího přípravku.

#### 3.3.1 Jeden zvedák

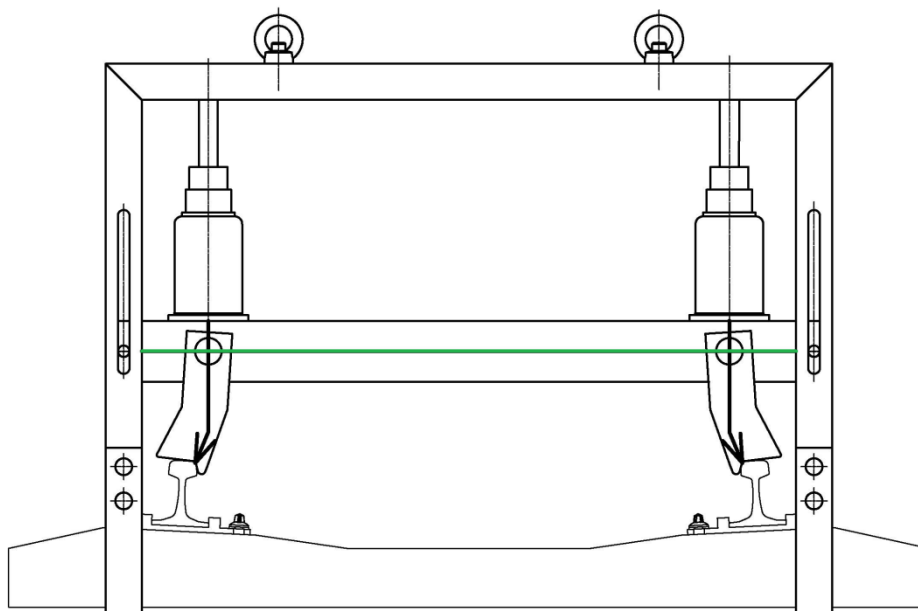
Při použití jednoho hydraulického zvedáku uprostřed příčného nosníku docházelo k velkému ohybovému momentu na nosníku, který se deformoval a nepřenášel potřebnou sílu dál na kolejnici.



Obr. 3.2 Konstrukce s jedním zvedákem

### 3.3.2 Dva zvedáky

Při použití dvou hydraulických zvedáků přímo nad čepy příčného nosníku, již nedocházelo k žádnému ohybovému momentu na nosníku, protože nevzniklo žádné rameno, na kterém by se mohl ohybový moment vytvořit. Síla ze zvedáků se přímo plynule přes nosník a čepy přenáší na náhrady za kola a dále do kolejnice a upevňovacího systému k podkladnici a pražci.



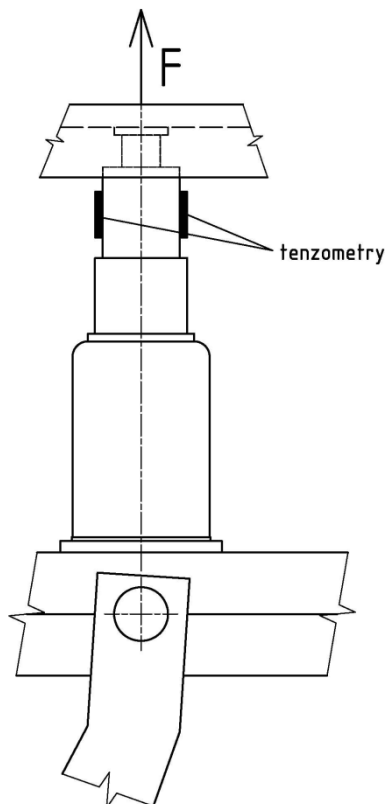
Obr. 3.3 Konstrukce se dvěma zvedáky

### 3.4 Výsledné řešení

Použití konstrukce se dvěma zvedáky bylo schváleno jako plně vyhovující konečný návrh celé konstrukce zkušebního přípravku pro testování geometrické polohy koleje.

### 3.5 Měření zatěžovací síly

Při vyvozování zatěžovací síly hydraulickými válci je potřeba znát aktuální velikost působící síly. Měření velikosti se bude provádět pomocí tenzometrů (obr. 4.1) umístěných na pístu hydraulického zvedáku a budou měřit jeho deformaci při zatěžování.



Obr. 3.4 Tenzometry na pístu hydr. válce

Před použitím zvedáku je ho však nutné nechat ocejchovat na trhačím stroji, kde se změří jeho deformace při určitých hodnotách zatížení. Při použití Wheatstonova můstku, který měří změnu odporu tenzometrického můstku, by se získaly hodnoty elektrického odporu dané velikosti zatěžovací síly zvedáku.

Podle získaných hodnot při cejchování hydraulického zvedáku na trhačím stroji, by se pak na zkušebním přípravku kontrolovaly hodnoty jeho zatížení na kolejnici.

Hydraulické zvedáky se ovládají samostatně ruční pákou, je tedy nutné při zkušebním zatěžování kontrolovat hodnoty obou zvedáků tak, aby vyvozovaly stejně velké zatížení a docházelo k rovnoměrnému zatížení testovaných kolejí a upevňovacích systémů.

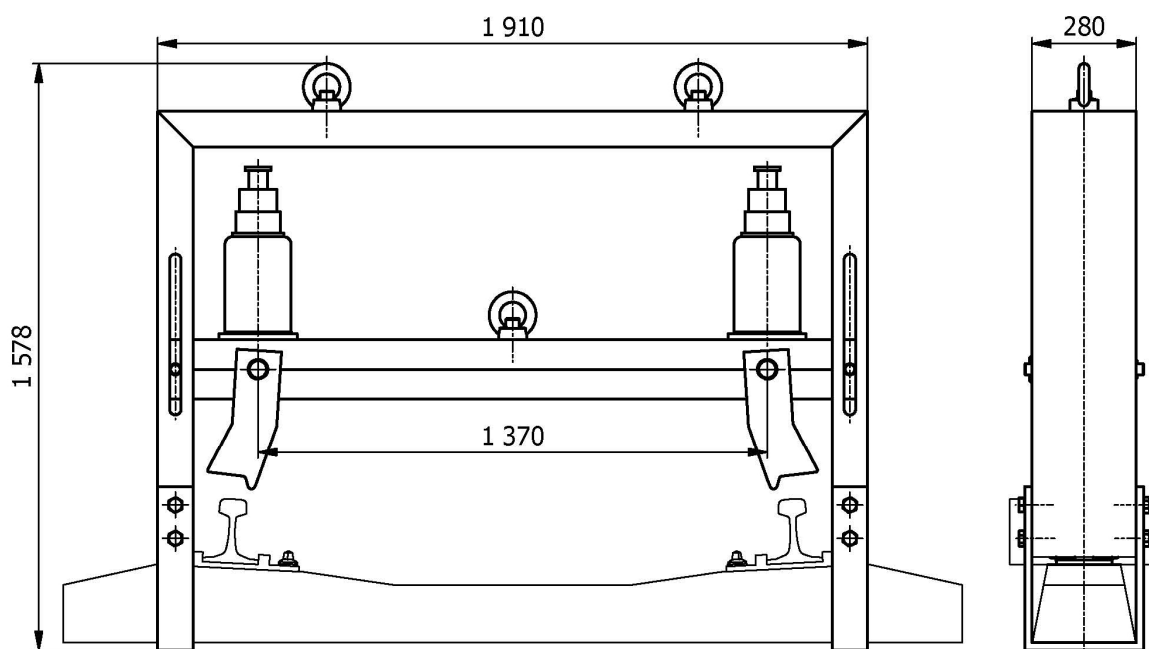
Toto řešení ovládání a nastavování velikosti zatížení je jednoduché, snadné a na údržbu nenáročné.

## 4 Schémata

Rozměrové a kinematické schéma testovacího přípravku geometrické polohy koleje.

### 4.1 Rozměrové schéma

Volba rozměrů vycházela z návrhových výpočtů tak, aby byly přeneseny potřebné síly a momenty a nedošlo k deformaci konstrukce zkušebního přípravku. Také vycházela z celkové situace, kde, kdy a za jakých okolností a možností bude konstrukce zkušebního přípravku používána.

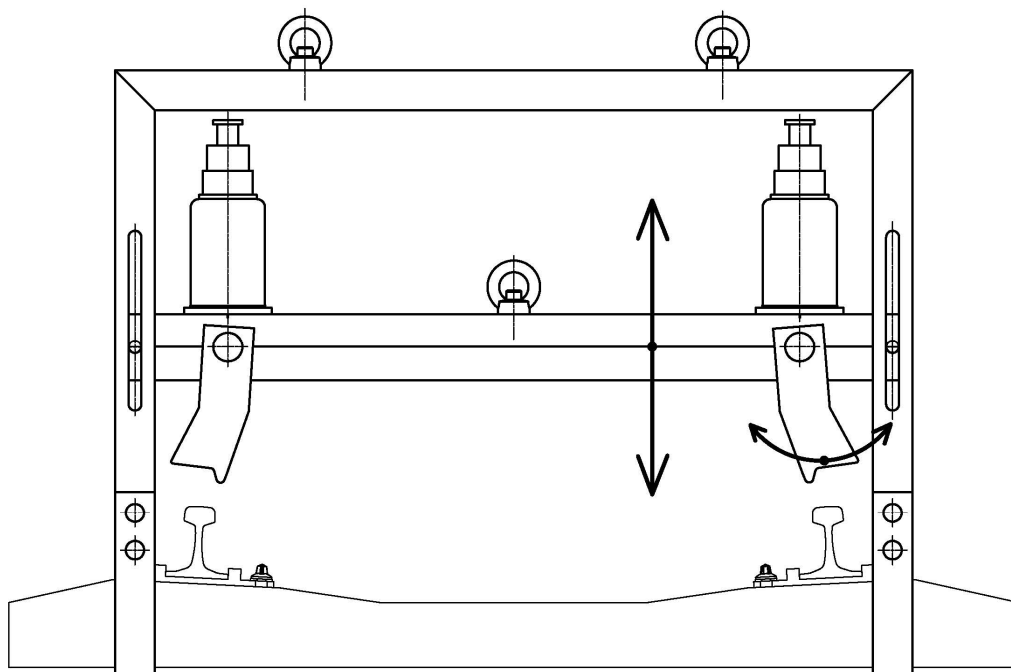


Obr. 4.1 Rozměrové schéma přípravku

## 4.2 Kinematické schéma

Pohyblivou částí konstrukce přípravku je příčný nosník, který je vedený drážkami v rámu a pohybuje se nahoru a dolů v rozmezí, jaké mu je umožněno.

Výkyvný pohyb koná náhrada za kolo, která se otáčí kolem osy čepu, který je umístěn v příčném nosníku.



Obr. 4.2 Kinematické schéma přípravku

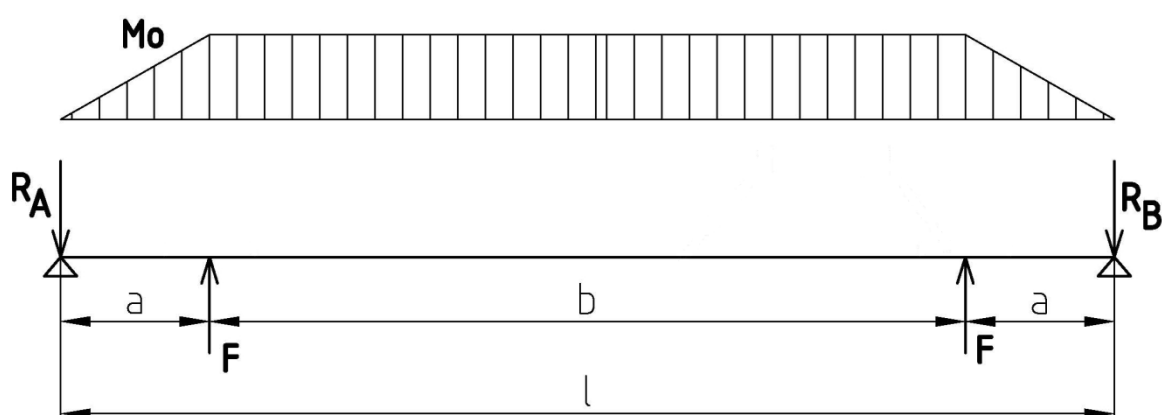
## 5 Výpočty

Výpočtová část bakalářské práce se zabývá konstrukcí přípravku a počítáním rozměrů použitých normalizovaných součástí a návrhy dalších potřebných dílů.

### 5.1 Návrhový výpočet

Navrhovat se bude horní vodorovná část rámu konstrukce přípravku, na kterou přímo působí tlak ze dvou hydraulických zvedáků. A průměr trubky sloužící k uložení čepu přenášející síly z příčného nosníku za náhradu za kola.

#### 5.1.1 Horní vodorovná část rámu



Obr. 5.1 Působení sil a reakcí, průběh ohyb momentu

*Legenda k obr. 5.1:*

$a = 270 \text{ mm}$

$b = 1\,370 \text{ mm}$

$l = 1\,910 \text{ mm}$

$F = 83\,000 \text{ N}$

Materiál: 11 523.1

$\sigma_{DOV} = 325 \text{ MPa [1]}$

Výpočet minimálního modulu v průřezu, který je potřebný, aby U profil horní části rámu vydržel vzniklý ohybový moment z působení hydraulických zvedáků na rám:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{DOV} \quad (1)$$

$$M_o = F \cdot a \quad (2)$$

$$W_o = \frac{M_o}{\sigma_{DOV}} \quad (3)$$

$$W_o = \frac{83\,000 \cdot 270}{325}$$

$$W_o = 68\,954 \text{ mm}^3$$

Použitý U profil na horní vodorovnou část rámu musí mít dle výpočtu min. modul v průřezu  $W_o = 68\,954 \text{ mm}^3$ .

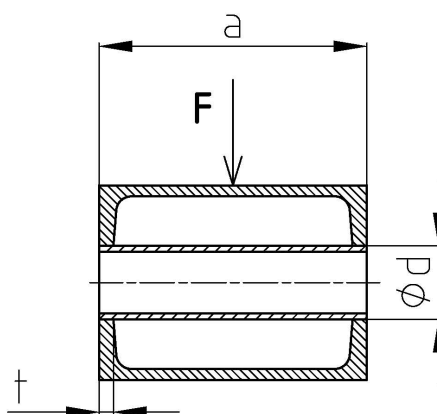
Podle tohoto výpočtu se zvolil U profil 280/B. Jeho základní modul v průřezu ale nepostačoval návrhovému výpočtu a zvolením ještě většího profilu by byla konstrukce testovacího přípravku příliš rozměrná, těžká a špatně by se s ní manipulovalo a převáželo na místo použití.

Proto se k U profilu v místech dotyku stykové plochy hydraulického zvedáku s profilem přivařily kovové desky příslušných rozměrů a hlavně tloušťky, která zvětšila modul v průřezu U profilu nad požadované minimum. V tomto stavu je již horní vodorovná část rámu schopna pojmout vyvíjený tlak a nedeformovat se.

Od U profilu zvoleného na základě návrhového výpočtu se dále odvíjela volba dalších částí konstrukce testovacího přípravku, což byly svislé části rámu složené ze stejných U profilů. Na rám dále navazující úchyt rámu k pražci a příčný nosník, který se vkládá do U profilu.

### 5.1.2 Uložení čepu

Čep spojující příčný nosník s náhradou za kolo je uložen v pouzdře, které je zavařeno do příčného nosníku.



Obr. 5.2 Pouzdro na čep



Legenda k obr. 5.2:

$F = 83\,000\text{ N}$

$a = 220\text{ mm}$  [4]

$t = 12,5\text{ mm}$  [4]

Materiál: 11 353.1

$p_{DOV} = 60\text{ MPa}$  [2]

Z otláčení pouzdra čepu výpočet potřebného průměru trubky:

$$p = \frac{F}{S} \leq p_{DOV} \quad (4)$$

$$p = \frac{F}{l \cdot d} \leq p_{DOV} \quad (5)$$

$$d = \frac{F}{l \cdot p_{DOV}} \quad (6)$$

$$d = \frac{F}{2 \cdot t \cdot p_{DOV}} \quad (7)$$

$$d = \frac{83\,000}{2 \cdot 12,5 \cdot 60}$$

$$d = 55,4\text{ mm}$$

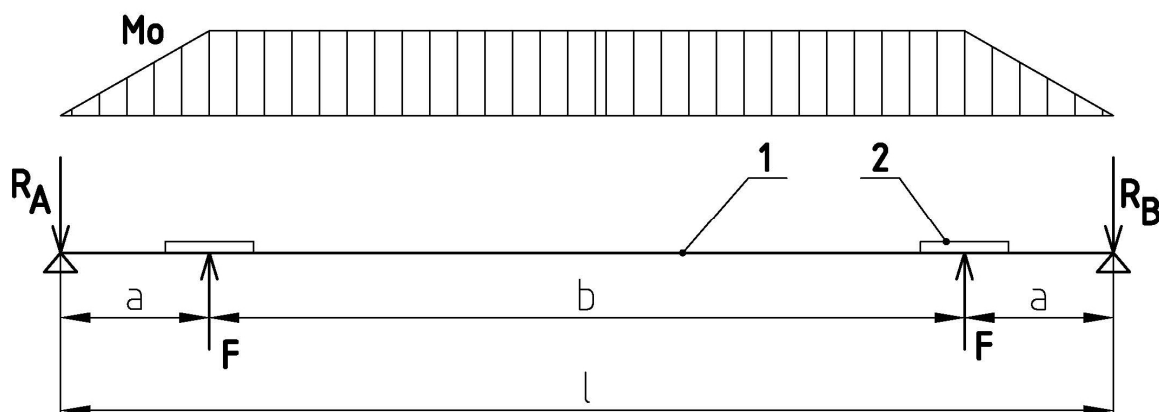
Minimální průměr vyšel 55,4 mm. Podle normalizovaných rozměrů ve Strojírenských tabulkách [4] se zvolil průměr trubky:

TR Ø 57 x 5 – ČSN 42 5715.01

## 5.2 Kontrolní pevnostní výpočet

Výpočty jsou prováděny na nosných a namáhaných částech konstrukce zkušebního přípravku.

### 5.2.1 Ohyb v horní vodorovné části rámu



Obr. 5.3 Působení sil a reakcí, průběh ohyb momentu, umístění přídatných desek

Legenda k obr. 5.3:

Poz. 1 U profil

Poz. 2 Příkladné kovové desky o rozměru 400 x 200 x 30 mm

$a = 270$  mm

$b = 1\,370$  mm

$l = 1\,910$  mm

$F = 83\,000$  N

Materiál 11 523.1,  $\sigma_{DOV} = 325$  MPa [1]

Výpočet reakcí v horní vodorovné části rámu:

$$\sum M : F \cdot a + F \cdot (a + b) - R_{AB} \cdot l = 0 \quad (8)$$

$$R_{AB} = \frac{F \cdot a + F \cdot (a + b)}{l} \quad (9)$$

$$R_{AB} = \frac{83\,000 \cdot 270 + 83\,000 \cdot (270 + 1370)}{1\,910}$$

$$R_{AB} = 83\,000 \text{ N}$$

Modul průřezu zvoleného U profilu 280/B je  $W_{o1} = 57\,200 \text{ mm}^3$  [4]

Výpočet modulu průřezu  $W_{o2}$  přídatné desky:

$$W_{o2} = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (10)$$

$$W_{o2} = \frac{200 \cdot 30^2}{6}$$

$$W_{o2} = 30\,000 \text{ mm}^3$$

Skutečné ohybové napětí v horní vodorovné části rámu:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{DOV} \quad (11)$$

$$M_o = F \cdot a \quad (12)$$

$$W_o = W_{o1} + W_{o2} \quad (13)$$

$$\sigma_o = \frac{83\,000 \cdot 270}{57\,200 + 30\,000}$$

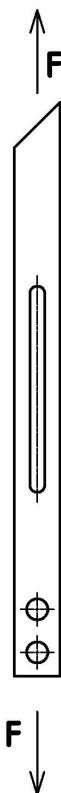
$$\sigma_o = 257 \text{ MPa}$$

$$257 \text{ MPa} \leq 325 \text{ MPa}$$

Vyhovuje.

### 5.2.2 Tah v boční svislé části rámu

Boční svislá konstrukce rámu z U profilu je zkontrolována na tah.



Obr. 5.4 Tah v boční svislé části rámu

*Legenda k obr. 5.4:*

$F = 83\,000\text{ N}$

$S = 5\,330\text{ mm}^2$  [4] - nosná plocha průřezu

Materiál 11 523.1,  $\tau_{DOV} = 325\text{ MPa}$  [1]

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq \tau_{DOV} \quad (14)$$

$$\sigma = \frac{83\,000}{5\,330}$$

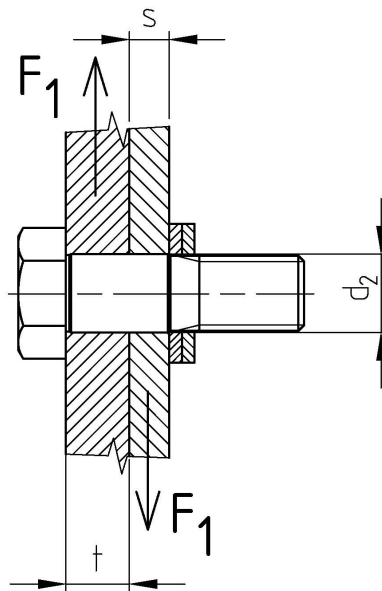
$$\sigma = 15,6\text{ MPa}$$

$$15,7\text{ MPa} \leq 325\text{ MPa}$$

Vyhovuje.

### 5.2.3 Lícovaný šroub

Lícovaný šroub (obr. 5.5) se nachází v dolní části konstrukce zkušebního přípravku a spojuje rám s úchyty, které se nasazují pod testovaný prázec. Napětí je přenášeno stříhem, na který je lícovaný šroub rovněž kontrolován.



Obr. 5.5 Lícovaný šroub na úchyty

*Legenda k obr. 5.5:*

$F = 83\,000\text{ N}$

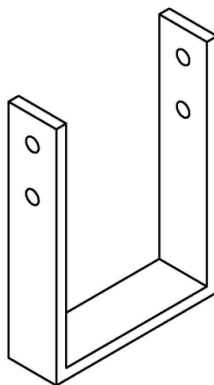
$F_1 = 20\,750\text{ N}$

$t = 20\text{ mm}$

$s = 12,5\text{ mm [4]}$

$p_{DOV} = 70\text{ MPa [4]}$

Na úchyt působí napětí o velikost  $F = 83\,000\text{ N}$ , které se rovnoměrně rozdělí na čtyři dílčí napětí o velikosti  $F_1 = 20\,750\text{ N}$ , protože na úchyty (obr. 5.6) jsou po obou stranách použity vždy 2 lícované šrouby podložené dvěma podložkami.



Obr. 5.6 Úchyt

Návrhový výpočet lícovaného šroubu z otláčení:

$$p = \frac{F}{S} \leq p_{DOV} \quad (15)$$

$$p = \frac{F}{d_2 \cdot s} \leq p_{DOV} \quad (16)$$

$$d_2 = \frac{F}{s \cdot p_{DOV}} \quad (17)$$

$$d_2 = \frac{20\,750}{12,5 \cdot 70}$$

$$d_2 = 23,7 \text{ mm}$$

Minimální průměr vyšel 23,7 mm. Podle normalizovaných rozměrů ve Strojírenských tabulkách [4] se zvolil lícovaný šroub:

ŠROUB M24 x 75 ČSN 02 1111 – 5.6

Výpočet dovoleného napětí ve střihu [5]:

$$R_m = 300 \text{ MPa [4]}$$

$$k_s = 1,5 \text{ [4]}$$

$$\tau_{DOV} = \frac{0,36 \cdot R_m}{k} \quad (18)$$

$$\tau_{DOV} = \frac{0,36 \cdot 300}{1,5}$$

$$\tau_{DOV} = 72 \text{ MPa}$$

Kontrolní výpočet zvoleného průměru lícovaného šroubu na střih:

$$\tau = \frac{F}{S} \leq \tau_{DOV} \quad (19)$$

$$\tau = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d_2^2}{4}} \leq \tau_{DOV} \quad (20)$$

$$\tau = \frac{20\,750}{\frac{\pi \cdot 25^2}{4}}$$

$$\tau = 42,3 \text{ MPa}$$

$$42,3 \text{ MPa} \leq 72 \text{ MPa}$$

Vyhovuje.

### 5.3 Kontrola pevnosti pražce

Při testovacím zatěžování pražce prostřednictvím zkušebního přípravku nesmí dojít k porušení tělesa pražce. Na obr. 5.7 jsou uvedeny výsledky zkoušky pevnosti pražce a hodnoty mezního namáhání na mezi vzniku trhlin v krajních vláknech. Při testování tuhosti uzlu upevnění nesmí být pražec B91S zatížen momentem cca 17,5 kNm.

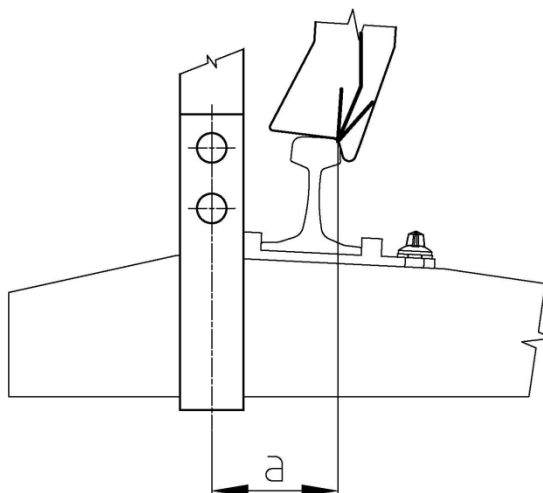
**TABULKA VÝSLEDKŮ STATICKÉHO POSOUZENÍ PRAŽCE  
B - 91 S**

TYP PRAŽCE	BETON B 55	NAPĚTÍ BETONU V KRAJNÍCH VLÁKNECH			
		Ohyb. moment 16 kNm		Ohyb. moment -12 kNm	
B - 91	Čas	HORNÍ ( MPa )	DOLNÍ ( MPa )	HORNÍ ( MPa )	DOLNÍ ( MPa )
Velikost předpínací síly	posouzení				
	2 měsíce	-13,988	1,012	-0,660	-17,323
	5 let	-13,696	1,022	-0,535	-16,687
350 kN	35 let	-13,653	1,024	-0,401	-16,594
MOMENT NA MEZI VZNIKU TRHLIN	Čas	Stupeň bezpečnosti	M trhlín ( kNm )	Stupeň bezpečnosti	M trhlín ( kNm )
	posouzení				
	2 měsíce	1,547	24,752	1,457	-17,484
	5 let	1,546	24,736	1,448	-17,376
	35 let	1,545	24,720	1,437	-17,244
MOMENT ÚNOS- NOSTI	Čas	Stupeň bezpečnosti	M únosn. ( kNm )	Stupeň bezpečnosti	M únosn. ( kNm )
	posouzení				
	2 měsíce	2,573	41,168	2,577	-30,924
	5 let	2,571	41,136	2,570	-30,840
	35 let	2,570	41,120	2,563	-30,756

*Statické posouzení pražce vyhovuje požadavkům ČSN 731251 .*

Obr. 5.7 Statická pevnost pražce B91S [10]

V následujícím výpočtu je provedena kontrola namáhání pražce ohybem při provádění zamýšlené zkoušky.



Obr. 5.8 Namáhání pražce

Moment na pražci vzniká od složky  $F_y$  působící síly  $F$  pod úhlem  $\alpha$  a vzdálenosti  $a$ , což je vzdálenost od působíště síly na kolejnici a osy úchyty.

*Legenda k obr. 5.8:*

$$F = 83\,000\text{ N}$$

$$\alpha = 33^\circ$$

$$a = 188,2\text{ mm}$$

Svislá složka  $F_y$  působící síly  $F$ :

$$F_y = F \cdot \cos \alpha \quad (21)$$

$$F_y = 83\,000 \cdot \cos 33^\circ$$

$$F_y = 69\,610\text{ N}$$

Ohybový moment působící na pražec:

$$M_o = F_y \cdot b \quad (22)$$

$$M_o = 69\,610 \cdot 188,2$$

$$M_o = 13\,100\,602\text{ Nmm}$$

$$M_o = 13,1\text{ kNm}$$

$$13,1\text{ kNm} \leq 17,5\text{ kNm}$$

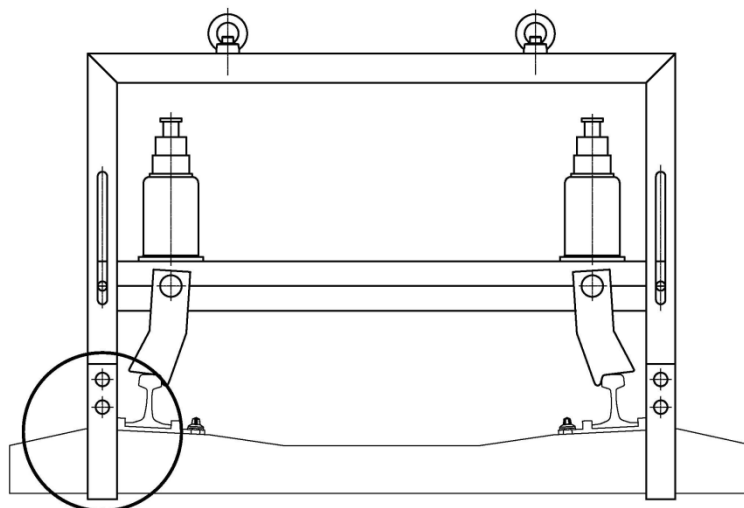
Vyhovuje.

**Doporučení:** Při provádění zkoušky je nutno nepřekročit vzdálenost umístění úchyty od zatěžovací síly cca 180 mm, v opačném případě hrozí vznik trhlin na tělese pražce při překročení dovoleného ohybového namáhání.

## 6 Pevnostní kontrola svarů

Všechny svary na konstrukci zkušebního přípravku mají charakteristický rozměr svaru  $a = 8 \text{ mm}$ .

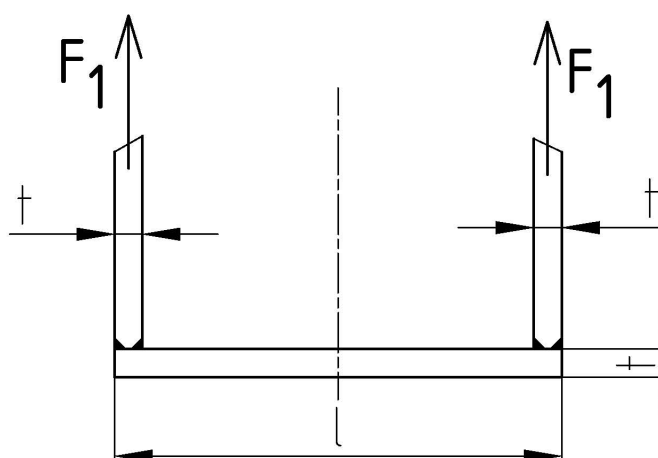
### 6.1 Svary na úchytu



Obr. 6.1 Pozice úchytu v sestavě přípravku

Úchyt (obr. 5.6) se v sestavě zkušebního přípravku (obr 6.1) nachází v dolní části a slouží ke spojení rámu s pražcem a přenesení reakčních sil.

Celkově se na sestavě zkušebního přípravku nacházejí dva úchyty, které jsou svařeny ze tří desek tloušťky  $t$  pomocí čtyř koutových svarů. Ty jsou zatěžované tahovou silou  $F_1$  vzniklou z celkové reakční síly  $F$  rozdělené na dvě bočnice (obr 6.2).



Obr. 6.2 Umístění koutových svarů na úchytu



Legenda k obr. 6.2:

$$F = 83\,000 \text{ N}$$

$$F_1 = 20\,750 \text{ N}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$l = 320 \text{ mm}$$

Materiál 11 523.1,  $R_e = 345 \text{ MPa}$  [1]

Kontrola koutového svaru na tah:

$$\tau = \frac{F_1}{S_v} \leq \tau_{DOV} \quad (23)$$

$$\tau = \frac{F_1}{a \cdot l} \leq \tau_{DOV} \quad (24)$$

$$\tau = \frac{F_1}{a \cdot (l - 2 \cdot a)} \leq \tau_{DOV} \quad (25)$$

$$\tau = \frac{20\,750}{8 \cdot (95 - 2 \cdot 8)}$$

$$\tau = 32,9 \text{ MPa}$$

Součinitel svarové spoje  $\beta$  zvolen 1 [5] a bezpečnost svaru  $k_s$  zvolena 1,5 [5].

Výpočet dovoleného tahové napětí ve svaru:

$$\tau_{DOV} \leq \beta \cdot \frac{R_e}{k_s} \quad (26)$$

$$\tau_{DOV} \leq 1 \cdot \frac{345}{1,5}$$

$$\tau_{DOV} \leq 230 \text{ MPa}$$

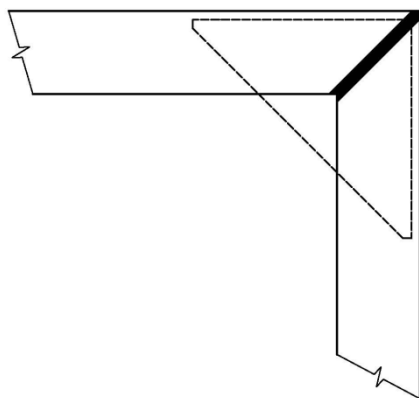
$$32,9 \text{ MPa} \leq 230 \text{ MPa}$$

Vyhovuje.

## 6.2 Svary na rámu

Rohy rámu, místo spojení U profilů, jsou nejnamáhavější místa celé konstrukce zkušebního přípravku. Velké síly vznikají od hydraulických zvedáků nacházející se v blízkosti rohu rámu.

Profily jsou z boku svařeny V svarem (obr. 6.3), který je montážní a slouží k sestavení rámu a není hlavním nosným svarem.

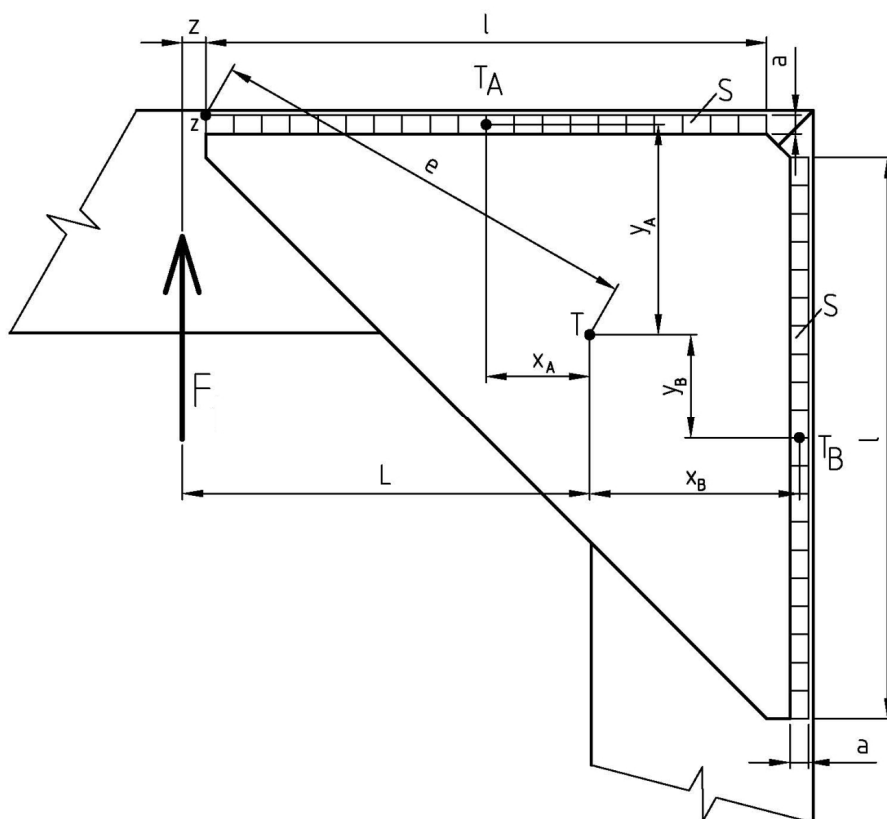


Obr. 6.3 Umístění montážního V svaru z boku rámu

Hlavními nosnými svary jsou koutové svary na přivařených výztuhách z boků rohů rámu (obr. 6.4). Výztuha rohu je trojúhelníková deska z materiálu 11 523.1 o délce strany 250 mm a tloušťce materiálu 10 mm.

Na obr. 6.4 jsou vidět nebezpečné průřezy svarů sklopené do připojovací roviny. Je zavedena souřadná soustava, jejíž počátek je v těžišti svarového obrazce. Zvláštností tohoto případu je to, že kromě zatížení svaru posouvajícími silami je zatížen i na krut krouticím momentem od síly  $F$ . Ohybový moment se zanedbává vzhledem k malému rameni [7].

Síla  $F$  je poloviční síla z celkové síly působící na roh rámu od hydraulických zvedáků.



Obr. 6.4 Umístění svarů na rámu

Legenda k obr. 6.4:

$$F = 41\,500\text{ N}$$

$$l = 240\text{ mm}$$

$$a = 8\text{ mm}$$

$$z = 10\text{ mm}$$

$$L = 174,3\text{ mm}$$

$$x_A = 44,3\text{ mm}$$

$$x_B = 89,7\text{ mm}$$

$$y_A = 89,7\text{ mm}$$

$$y_B = 44,3\text{ mm}$$

$$e = 164,3\text{ mm}$$

Osové momenty setrvačnosti svarového obrazce s využitím Steinerovy věty.

Vodorovný průřez v ose x:

$$J_{x1}^- = \frac{1}{12} \cdot (l - 2 \cdot a) \cdot a^3 + a \cdot (l - 2 \cdot a) \cdot x_A^2 \quad (27)$$

$$J_{x1}^- = \frac{1}{12} \cdot (240 - 2 \cdot 8) \cdot 8^3 + 8 \cdot (240 - 2 \cdot 8) \cdot 44,3^2$$

$$J_{x1}^- = 3\,526\,339,4\text{ mm}^4$$

Vodorovný průřez v ose y:

$$J_{y1}^- = \frac{1}{12} \cdot a \cdot (l - 2 \cdot a)^3 + a \cdot (l - 2 \cdot a) \cdot y_A^2 \quad (28)$$

$$J_{y1}^- = \frac{1}{12} \cdot 8 \cdot (240 - 2 \cdot 8)^3 + 8 \cdot (240 - 2 \cdot 8) \cdot 89,7^2$$

$$J_{y1}^- = 21\,911\,542,6\text{ mm}^4$$

Svislý průřez v ose x:

$$J_{x2}^{\parallel} = \frac{1}{12} \cdot a \cdot (l - 2 \cdot a)^3 + a \cdot (l - 2 \cdot a) \cdot x_B^2 \quad (29)$$

$$J_{x2}^{\parallel} = \frac{1}{12} \cdot 8 \cdot (240 - 2 \cdot 8)^3 + 8 \cdot (240 - 2 \cdot 8) \cdot 89,7^2$$

$$J_{x2}^{\parallel} = 21\,911\,542,6\text{ mm}^4$$

Svislý průřez v ose y:

$$J_{y2}^{\parallel} = \frac{1}{12} \cdot (l - 2 \cdot a) \cdot a^3 + a \cdot (l - 2 \cdot a) \cdot y_B^2 \quad (30)$$

$$J_{y2}^{\parallel} = \frac{1}{12} \cdot (240 - 2 \cdot 8) \cdot 8^3 + 8 \cdot (240 - 2 \cdot 8) \cdot 44,3^2$$

$$J_{y2}^{\parallel} = 3\,526\,339,4\text{ mm}^4$$

Polární moment setrvačnosti vodorovného svaru:

$$J_{p1} = J_{x1}^{\bar{\bar{}}} + J_{y1}^{\bar{\bar{}}} \quad (31)$$

$$J_{p1} = 3\,526\,339,4 + 21\,911\,542,6$$

$$J_{p1} = 25\,437\,882 \text{ mm}^4$$

Polární moment setrvačnosti svislého svaru:

$$J_{p2} = J_{x2}^{\parallel\parallel} + J_{y2}^{\parallel\parallel} \quad (32)$$

$$J_{p2} = 21\,911\,542,6 + 3\,526\,339,4$$

$$J_{p2} = 25\,437\,882 \text{ mm}^4$$

Celkový polární moment setrvačnosti celého obrazce k těžišti  $T$ :

$$J_p = J_{p1} + J_{p2} \quad (33)$$

$$J_p = 25\,437\,882 + 25\,437\,882$$

$$J_p = 50\,875\,764 \text{ mm}^4$$

Modul svarového obrazce krutu:

$$W_k = \frac{J_p}{r} \quad (34)$$

$$W_k = \frac{50\,875\,764}{164,3}$$

$$W_k = 309\,651,7 \text{ mm}^3$$

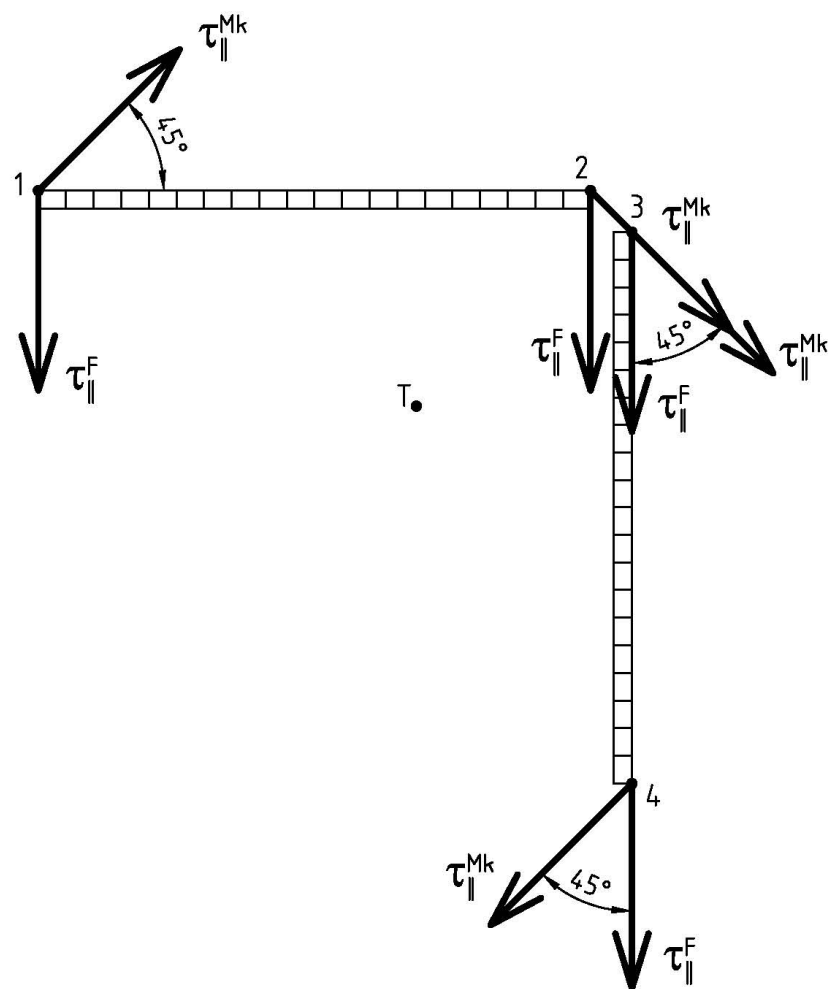
Krouticí moment:

$$M_k = F \cdot L \quad (35)$$

$$M_k = 41\,500 \cdot 174,3$$

$$M_k = 7\,233\,450 \text{ Nmm}$$

Kritickým místem svaru bude jeden ze 4 nejvzdálenějších rohů. Na obr. 6.5 jsou tato místa označena čísly 1 až 4. Napětí od posouvající síly  $\tau_{\parallel}^F$  bude ve všech těchto bodech stejně velké a bude i stejného směru. Napětí  $\tau_{\parallel}^{Mk}$  budou rovněž ve všech bodech 1 až 4 stejně velké, ale budou mít vždy různý směr. Proto bude i výsledný součet těchto napětí v každém bodě jiný [7].



Obr. 6.5 Posouvající síly a momenty

Dílčí napětí od síly  $F$ :

$$\tau_{||}^F = \frac{F}{a \cdot (l - 2 \cdot a)} \quad (36)$$

$$\tau_{||}^F = \frac{41\,500}{8 \cdot (240 - 2 \cdot 8)}$$

$$\tau_{||}^F = 23,2 \text{ MPa}$$

Dílčí napětí od krouticího momentu  $M_k$ :

$$\tau_{||}^{Mk} = \frac{M_k}{W_k} \quad (37)$$

$$\tau_{||}^{Mk} = \frac{7\,233\,450}{309\,651,7}$$

$$\tau_{||}^{Mk} = 23,4 \text{ MPa}$$

Podle metody svařování automaticky pod tavidlem byl zvolen převodní součinitel  $k_4 = 0,8$  [5]

Výsledné napětí:

$$\tau_{V\check{Y}SL} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{||}^F}{k_4}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{||}^{Mk}}{k_4}\right)^2 - 2 \cdot \frac{\tau_{||}^F}{k_4} \cdot \frac{\tau_{||}^{Mk}}{k_4} \cdot \cos \alpha} \quad (38)$$

$$\tau_{V\check{Y}SL} = \sqrt{\left(\frac{23,2}{0,8}\right)^2 + \left(\frac{23,4}{0,8}\right)^2 - 2 \cdot \frac{23,2}{0,8} \cdot \frac{23,4}{0,8} \cdot \cos 135^\circ}$$

$$\tau_{V\check{Y}SL} = 53,8 \text{ MPa}$$

Dovolené napětí ve svaru:

Součinitel svarové spoje  $\beta$  zvolen 0,85 [5] a bezpečnost svaru  $k_s$  zvolena 1,5 [5].

$$\tau_{DOV} \leq \beta \cdot \frac{R_e}{k} \quad (39)$$

$$\tau_{DOV} \leq 0,85 \cdot \frac{345}{1,5}$$

$$\tau_{DOV} \leq 195,5 \text{ MPa}$$

$$53,8 \text{ MPa} \leq 195,5 \text{ MPa}$$

Vyhovuje.

## 7 Závěr

### Cílem této práce bylo:

- a) vytipovat vhodný způsob vyvození zatěžovací síly
- b) navrhnout konstrukční řešení zkušebního přípravku pro měření tuhosti uzlu upevnění kolejnice a pražce
- c) provést nezbytné pevnostní výpočty nosných prvků konstrukce
- d) zpracovat výkresovou dokumentaci v rozsahu výkresu sestavení a dílenských výkresů vybraných dílů.

*ad a)* Vhodný způsob vyvozování zatěžovací síly na zkušební přípravek se našel v použití dvou hydraulických válců.

*ad b)* Navržené konstrukční řešení zkušebního přípravku se skládá z rámu z U profilů a nosníku složeného rovněž z U profilů. Dále úchytu konstrukce přípravku k pražci a náhrady za kola vykonávající tlak na kolejnice a uzel upevnění.

*ad c)* Pevnostní výpočty se provedly na nosných prvcích konstrukce a provedla se také kontrola použitých svarů.

*ad d)* Výkres sestavení je zpracovaný na formátu A1 se samostatnou rozpiskou na A4. Dílenské výkresy náhrady za kolo a U profilu svislé části rámu jsou nakresleny na formátu A4.

## 8 Použité obrázky

Obr. 1.1 Rozchod dvojkolí [14].....	10
Obr. 2.1 Kolejnice UIC 60 .....	11
Obr. 2.2 Pražec B91S [10] .....	11
Obr. 2.3 Pražec SB8 [10] .....	12
Obr. 2.4 Princip zkoušení tuhosti uzlů upevnění dle [3] .....	12
Obr. 2.5 Uzly upevnění na pražci SB8 (vlevo) a na pražci B91S (vpravo) [15].....	13
Obr. 2.6 Hydraulický zvedák, tzv. panenka [9] .....	13
Obr. 2.7 Údaje o zvedáku HZ 12-1Š [9] .....	14
Obr. 2.8 Závěsná matice .....	14
Obr. 2.9 Ukázka drezína typu MUV s jeřábem v zadní části [11].....	14
Obr. 2.10 Ukázka jeřábu [12] .....	14
Obr. 2.11 Body pro měření [3].....	15
Obr. 2.12 Snímače posuvu v měřicím přípravku [8].....	15
Obr. 3.1 Návrh konstrukce zkušebního přípravku .....	16
Obr. 3.2 Konstrukce s jedním zvedákem .....	17
Obr. 3.3 Konstrukce se dvěma zvedáky .....	18
Obr. 3.4 Tenzometry na pístu hydr. válce .....	19
Obr. 4.1 Rozměrové schéma přípravku .....	20
Obr. 4.2 Kinematické schéma přípravku .....	21
Obr. 5.1 Působení sil a reakcí, průběh ohyb momentu .....	22
Obr. 5.2 Pouzdro na čep .....	23
Obr. 5.3 Působení sil a reakcí, průběh ohyb momentu, umístění přídavných desek .....	24
Obr. 5.4 Tah v boční svislé části rámu .....	26
Obr. 5.5 Lícovaný šroub na úchytu .....	27
Obr. 5.6 Úchyt .....	27
Obr. 5.7 Statická pevnost pražce B91S [10] .....	29
Obr. 5.8 Namáhání pražce .....	29
Obr. 6.1 Pozice úchytu v sestavě přípravku .....	31
Obr. 6.2 Umístění koutových svarů na úchytu .....	31
Obr. 6.3 Umístění montážního V svaru z boku rámu .....	33
Obr. 6.4 Umístění svarů na rámu .....	33
Obr. 6.5 Posouvající síly a momenty .....	36



## 9 Použitá literatura

- [1] ČSN 41 1523. *Ocel 11 523*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [2] ČSN 41 1353. *Ocel 11 353*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1983.
- [3] ČSN EN 13146-4. *Železniční aplikace - Trať - Metody zkoušení systémů upevnění - Část 4: Účinek opakovaného zatížení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2003.
- [4] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. Druhé doplněné vydání. Úvaly: Albra, 2005. ISBN 80-7361-011-6.
- [5] BOHÁČEK, F.: *Části a mechanismy strojů I – Spoje*. VUT Brno, 1987.
- [6] POLÁK, Jaromír a Aleš SLÍVA. *Dopravní a manipulační zařízení III*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004.
- [7] NĚMČEK, Miloš. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů: Spoje*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2002. ISBN 80-248-0050-0
- [8] FOLTA, Z., HRUDIČKOVÁ, M.: *Posouzení technického stavu částí kolejového roštu*. Technická zpráva č. D16-347/2011. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2011.
- [9] Firma Tova Zlín, s.r.o., Papírenská 196, 763 11 Želechovice nad Dřevnicí
- [10] ŽPSV a.s., Třebízského 207, Uherský Ostroh
- [11] Stránky o MSTs. [online]. [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://msts.tym.cz/kat/pracovni.html>
- [12] InterStroj, a.s.: Jeřáby. [online]. [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.interstroj.com/obrazky/Jerab-SSK-GSX.gif>
- [13] *Wikipedia: Sínleerősítés* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Sínleerősítés>
- [14] Vagony.cz. [online]. [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.vagony.cz>
- [15] SŽDC: Běžná kolej (2. část). [online]. [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/o-nas/zeleznice-cr/historie-zeleznice/zeleznicni-svrsek/bezna-kolej-2.html>

## 10 Přílohy

[A]	výkres sestavení	BP-KOT0025-00
[B]	rozpiska	BP-KOT0025-00-K
[C]	dílenský výkres	BP-KOT0025-01-1
[D]	dílenský výkres	BP-KOT0025-05